

物理基礎

(全問必答)

第1問 次の文章を読み、各問い(問1～6)に答えよ。

[解答番号 ～] (配点 30)

図1のように、長さ ℓ の軽い糸の一端を天井の点 O に固定し、他端に質量 m の小球をつけ、糸が水平になるまで(点 A まで)小球を持ち上げて静かに放す。小球は円弧を描いて運動し点 C で糸が切れて、その後、空中を飛んで床の点 E に落下した。 OA 、 EH は水平、 OBH は鉛直、 $OA = OB = OC = BH = \ell$ 、 $\angle BOC = 60^\circ$ である。また、重力加速度の大きさを g とする。なお、図中の点 C 、 D における小球の速度ベクトルの向きがそれぞれ矢印で記されている。

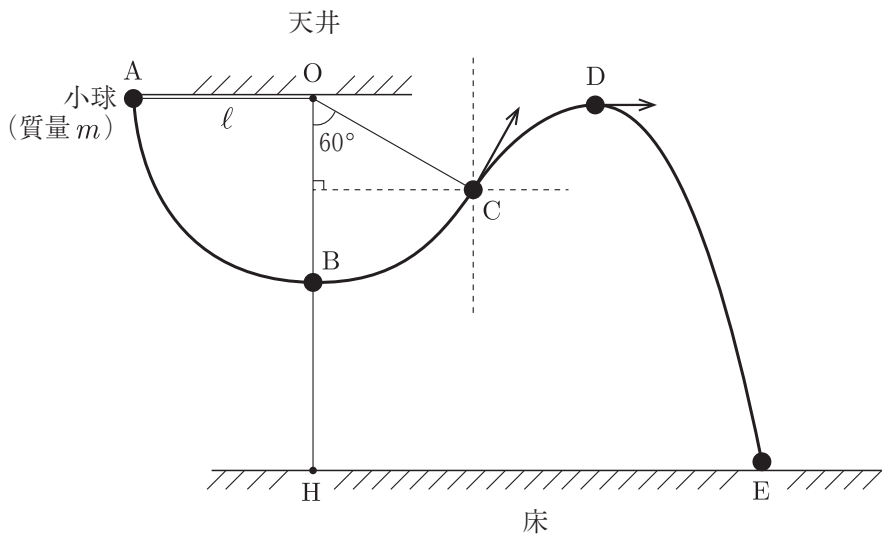


図 1

問1 小球にはたらく力は重力と糸が引く力以外にはない。糸が引く力は仕事をしないので、力学的エネルギーは運動中ずっと保存される。点Bでの小球の速さはいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 1

- ① \sqrt{gl} ② $\sqrt{2gl}$ ③ $\sqrt{3gl}$ ④ $2\sqrt{gl}$

問2 点Cで空中に飛び出すときの小球の速さはいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 2

- ① \sqrt{gl} ② $\sqrt{2gl}$ ③ $\sqrt{3gl}$ ④ $2\sqrt{gl}$

問3 小球が点Cで空中に飛び出すとき、その方向はOCに垂直である。このとき、小球の速度の鉛直成分の大きさはいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 3

- ① $\frac{\sqrt{gl}}{2}$ ② $\frac{\sqrt{2gl}}{2}$ ③ $\frac{\sqrt{3gl}}{2}$ ④ \sqrt{gl}

問4 小球が点Cで空中に飛び出して以後、床に当たるまで、速度の水平成分は変わらない。また、小球が最も高くなる点Dでは速度の鉛直成分は0と考えられる。点Dでの小球の速さはいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 4

- ① $\frac{\sqrt{gl}}{2}$ ② $\frac{\sqrt{2gl}}{2}$ ③ $\frac{\sqrt{3gl}}{2}$ ④ \sqrt{gl}

問5 床面を重力による位置エネルギーの基準としたとき、点Dにおける小球の力学的エネルギーはいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

5

- ① mgl ② $2mgl$ ③ $3mgl$ ④ $4mgl$

物理基礎

問6 点Dの高さはいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

6

① $\frac{13}{8}l$

② $\frac{7}{4}l$

③ $\frac{15}{8}l$

④ $2l$

物理基礎

第2問 次の文章を読み、各問い(問1～5)に答えよ。

[解答番号 ～] (配点 20)

図1の水熱量計に使われている電熱線はニクロム線できており、伸ばした状態での長さは 2.00 [m]で、断面が半径 0.200 [mm]の円形である。ただし、電熱線の両端には銅線が接続されており、この銅線の電気抵抗は無視できるものとする。また、ニクロム線の抵抗率は温度によらず一定であるものとする。

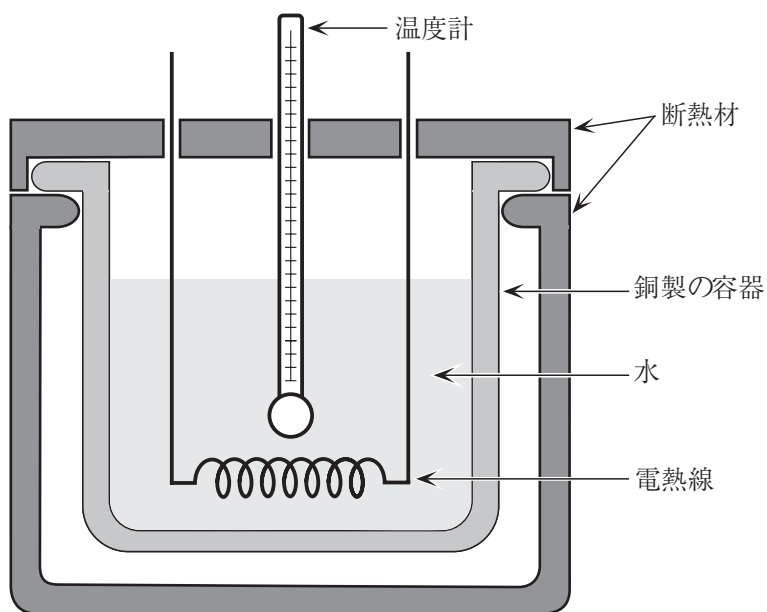


図 1

問1 ニクロム線の抵抗率を $108 \times 10^{-8} [\Omega \cdot \text{m}]$ とすると、電熱線の電気抵抗はいくらか。最も適当な数値を、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 $[\Omega]$

- ① 0.340 ② 1.85 ③ 17.2 ④ 458 ⑤ 23500

問2 水熱量計の水以外の熱容量を $120 [\text{J}/\text{K}]$ 、水の質量を $1.00 [\text{kg}]$ としたとき、水温を $15.0 [^{\circ}\text{C}]$ から $95.0 [^{\circ}\text{C}]$ まで上昇させるために必要な熱量 $Q [\text{J}]$ はいくらか。最も適当な数値を、次の①～⑤のうちから一つ選べ。ただし、水の比熱は $4.22 [\text{J}/(\text{g} \cdot \text{K})]$ とする。 $[\text{J}]$

- ① 24.7 ② 85.1 ③ 148 ④ 6.71×10^3 ⑤ 3.46×10^5

問3 電熱線に $6.00 [\text{A}]$ の電流を流したときの、電熱線の消費電力 $P [\text{W}]$ はいくらか。最も適当な数値を、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 $[\text{W}]$

- ① 13.7 ② 49.2 ③ 149 ④ 619 ⑤ 8.72×10^3

問4 問3の計算より、図1の水熱量計で水温を $80.0 [\text{K}]$ 上昇させるためにかかる時間 $t [\text{s}]$ はいくらか。最も適当な数値を、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

$[\text{s}]$

- ① 8.70 ② 38.0 ③ 87.0 ④ 194 ⑤ 559

問5 問4における水温上昇、つまり $1.00 [\text{kg}]$ の水が入った水熱量計を $80.0 [\text{K}]$ 上昇させる際に発生したジュール熱を、仮に質量 $10.0 [\text{kg}]$ のおもりを持ち上げるのに必要な仕事に換算した場合、何 $[\text{m}]$ 引き上げる仕事に相当するか。最も適当な数値を、次の①～⑤のうちから一つ選べ。ただし、重力加速度は $9.81 [\text{m}/\text{s}^2]$ とする。 $[\text{m}]$

- ① 0.370 ② 5.38 ③ 45.7 ④ 621 ⑤ 3530

物理基礎

第3問 次の文章(A・B)を読み、各問い(問1～5)に答えよ。

[解答番号 ～] (配点 25)

A 媒質中を進む正弦波を考える。図1は、ある時刻での、波の進行方向に沿った位置における媒質の振動方向の変位を示すグラフである。点A～Eで媒質は8秒間に3回振動し、波は図の右向きに進行している。

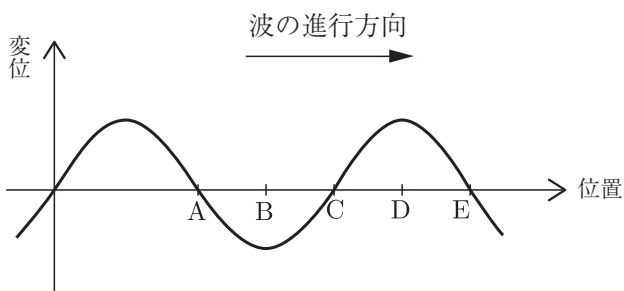


図 1

問1 この時刻において、媒質の振動方向の速さがゼロであるのは、点A～Eのうちどこか。該当する点を全て列挙しているものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。

① A, C, E

② B, D

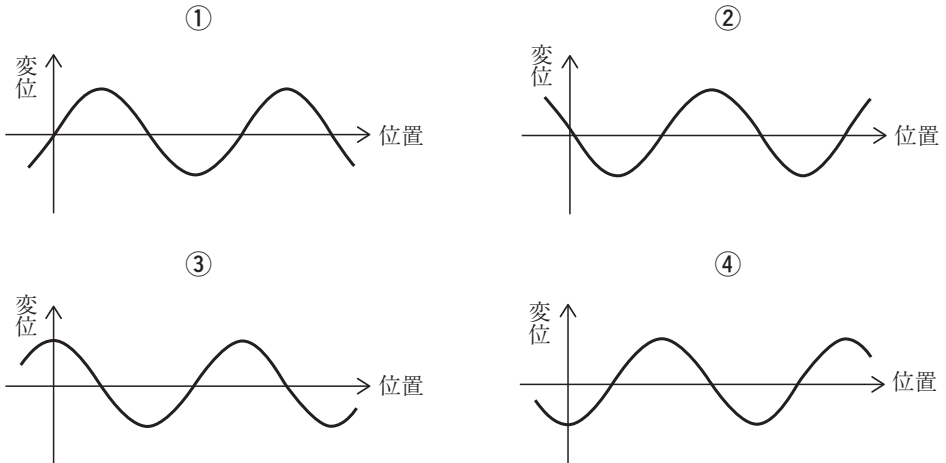
③ A, E

④ B

⑤ C

⑥ D

問2 図1の時刻から10秒経過すると、波の状態を示すグラフはどのようなになるか。
正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 2



問3 図1の点Eで自由端反射がある場合を考える。元の波と反射波が合成して生じる定常波の節は、点A～Eのうちはどこか。該当する点を全て列挙しているものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 3

- | | | |
|-----------|--------|--------|
| ① A, C, E | ② B, D | ③ A, E |
| ④ B | ⑤ C | ⑥ D |

物理基礎

B 図2のように、台に固定された二つの駒の間に弦を張って、 L [m] 離れた2点 A, B で弦を固定した。弦をはじくと振動数 f [Hz] の基本音が鳴った。さらに、図3のようにもう一つ駒を取り付けて、線分 AB 間の適当な点 C でも弦を固定し、AC 間の弦をはじくと、 f_1 [Hz] の基本音が鳴った。

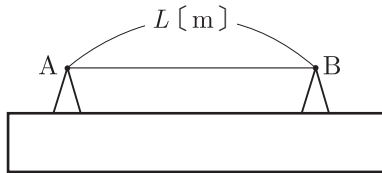


図 2

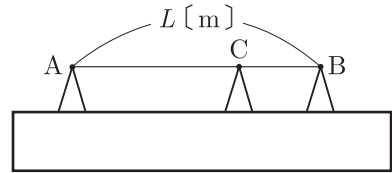


図 3

問4 弦を伝わる波の速さはいくらか。正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。

① $\frac{Lf}{2}$

② Lf

③ $2Lf$

④ $\frac{L}{2f}$

⑤ $\frac{L}{f}$

⑥ $\frac{2L}{f}$

問5 図3において、BC間の弦をはじくとどのような基本音 [Hz] が鳴るか。正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 [Hz]

① $\frac{ff_1}{f_1 - f}$

② $\frac{f(f_1 - f)}{f_1}$

③ $f_1 - f$

④ $\frac{ff_1}{f - f_1}$

⑤ $\frac{f(f - f_1)}{f_1}$

⑥ $f - f_1$

物理基礎

第4問 次の文章を読み、各問い(問1～5)に答えよ。

[解答番号 ～] (配点 25)

図1のように、天井に固定されたシリンダーに、重さの無視できる滑らかに動くピストン(断面積 S)を取り付けた。シリンダーの内部には気体が入っており、電熱線で加熱することができる。ただし、天井、シリンダー、ピストンは熱や物質を通さないものとする。大気圧を P_0 とし、問3以外では電熱線による加熱は行わない。また、シリンダー内部の気体が液体へ変化する可能性は考慮しなくてよい。

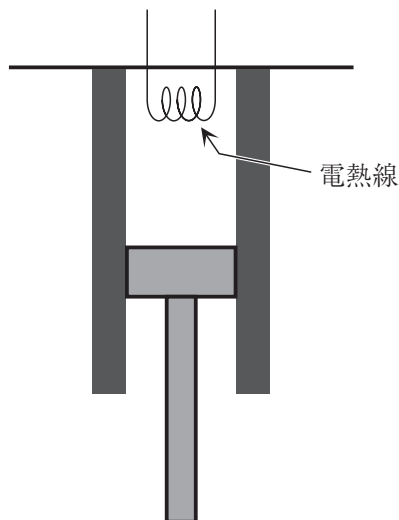


図 1

問1 ピストンを引き、下方へゆっくり動かした。このとき、シリンダー内部の気体の温度はどうか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① 上がる
- ② 変化しない
- ③ 下がる
- ④ 上昇と下降を交互に繰り返す

問2 問1でピストンを引き終わった状態で、ピストンの位置をしばらく一定に保った。そのためには、大きさ F の下向きの力でピストンを手でおさえておく必要があった。このとき、シリンダー内の気体の圧力はいくらか。正しいものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 **2**

- ① P_0 ② $P_0 + FS$ ③ $P_0 - FS$ ④ $P_0 + \frac{F}{S}$ ⑤ $P_0 - \frac{F}{S}$

問3 その後、電熱線でゆっくりと気体を熱した。その間、大きさ F の下向きの力(問2と同じ力)でピストンを手でおさえ続けていた。ピストンの位置はどうなるか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 **3**

- ① 上がる ② 変化しない
 ③ 下がる ④ 上昇と下降を交互に繰り返す

問4 さらにその後、加熱は止め、ピストンを手でおさえる力を徐々に緩めてゼロにした。その間、ピストンはゆっくり動いた。ピストンを手でおさえる力がゼロになった時点で、シリンダー内の気体がピストンを押す力の大きさはいくらか。正しいものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 **4**

- ① 0 ② F ③ $\frac{P_0}{S}$ ④ SP_0 ⑤ P_0

問5 問4の変化の過程で、シリンダー内部の気体の温度はどうなるか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 **5**

- ① 上がる ② 変化しない
 ③ 下がる ④ 上昇と下降を交互に繰り返す